

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 19920091152455

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

激光源非接触式位移测量技术研究 with 实现

Research of Non-contact Length Detection System

Based on Laser Resource

李艳芳

指导教师姓名: 叶军君 副教授

陈文芾 教授

专 业 名 称: 测试计量技术及仪器

论文提交日期: 2012 年 月

论文答辩时间: 2012 年 月

学位授予日期: 2012 年 月

答辩委员会主席:

评 阅 人:

2012 年 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博士论文摘要库

## 摘要

工业生产线上板材、纸张、布匹等材料在生产过程中需要实时检测其长度，目前工业领域常用的测速测长方式可分为接触式测量和非接触式测量两大类。前者以滚轮式测长仪为代表，该方法利用滚轮和被测物之间的摩擦力带动滚轮转动计数，原理简单，应用方便且成本低，受到多数生产厂家的青睐。但是，该方法很容易出现打滑现象，造成计数不准，误差较大。此外，靠摩擦力带动滚轮测量容易对被测物造成磨损。后者以激光测速仪最为常见，该方法利用激光多普勒原理进行测量，测量精度很高，但其对应用场合和被测物性质有特殊要求，而且成本较高，很难大规模的在生产线上得到普遍应用。

利用光电检测、数字图像处理等技术也可以实现非接触式测量的目的。为了提高纺织行业布匹长度计量的检测精度，通过研究生产线上布匹的外形、尺寸等特点，设计了一个基于像素灰度匹配的非接触式位移测量系统。该系统利用高亮度激光光源、图像传感器、光学透镜组获取被测物体的运动图像，然后利用数字处理器对测得的帧图像进行匹配运算得出物体的运动参数。

然后，本文对测量系统的测量精度进行了着重分析，找出了影响系统测量精度的各个因素。实验表明，系统的测量误差主要来源于图像摄取模块，图像摄取模块的工作原理误差，光学透镜组件的设计、安装误差，激光器的安装角度、激光光源的亮度等因素都会给测量结果带来误差。前两种因素会使得被测物图像形状发生改变，带来测量误差，后两种因素则会影响图像成像清晰度，加大图像匹配难度，带来计算误差。此外，被测物的材质、纹理、颜色也会对测量数据结果造成影响。最后，通过分析各种测量误差的特点，给出了改进方案，通过在软件中加入标定程序的方法，提高了系统的测量精度。实验表明，改进后的测量系统可在 15cm 的高度上进行测量，平均误差仅有 0.208%，能很好的实现非接触式测量的目的，满足布匹测量的精度要求。

**关键词：**位移测量 非接触式 精度分析

## **Abstract**

In industrial production, sheet metal, paper, cloth or other materials need the real-time detection of its length during the whole production process. Currently, the most commonly way of speed and length measurement can be divided into two different categories, that is contact measurement and non-contact measurement. Mechanical wheels is a typical contact instrument, it uses friction between wheels and cloth to drive wheels roll and count, which is of low cost and easy to operate. However, if the cloth is soft and smooth, wheels are likely to slip, resulting in wrong counting and error. And because of contact measurement, the cloth suffers from unrecoverable wear and tear, influencing quality of the cloth and measurement accuracy. Laser detection, the typical way of non-contact measurement, has higher measurement accuracy, but it requires that the measured object should have specific features and it can only be applied in certain circumstances. Plus, it costs too high to be widely used in large-scale production line.

Using photoelectric detection, digital image processing technologies can realize non-contact measurement. In order to improve measurement accuracy of cloth length, by studying the shaped and size features of online cloth, a non-contact detection method based on gray matching has been proposed. It uses high-brightness laser, image sensor, and optical lens to catch the object moving images. Then using predesigned sequential similarity detection algorithm based on gray matching, two successive images are matched and analyzed, giving measured object's motion state information such as direction of movement and displacement.

Then, lots of experiment work has been done to identify the various factors that affect the system measurement accuracy. Experiment results show that errors of the system come mainly from the image capture module, principle error of image capture module, design and installation errors of optical lens, the installation angle

of laser, the brightness of laser light all affect the measurement results. The former two factors will change the image size; the latter two factors will dim the image which increase the difficulty of image matching, bring calculation error. In addition, the material, texture, and color of the tested object can also affect the measurement results. Finally, by analyzing the characteristics of all measurement errors, find solutions to improve the measurement accuracy of the system by inserting calibration procedure in software. Experimental results show that the improved measurement system can detect the object's movement on 15 cm vertical height, and the average measurement error is only 0.208%, can meet the non-contact measurement target and length detection demands of precision.

**Key Words:** length measurement; non-contact detection; accuracy analysis

# 目 录

<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 课题研究背景 .....	1
1.2 常见动态位移测量方法的分析 .....	1
1.2.1 接触式测量方法 .....	2
1.2.2 非接触式测量方法 .....	3
1.3 本论文研究的目标及意义 .....	6
1.4 本论文研究的内容及章节安排 .....	7
<b>第二章 非接触式位移测量系统检测原理分析 .....</b>	<b>8</b>
2.1 测量基本原理 .....	8
2.2 图像传感技术 .....	10
2.3 图像匹配算法 .....	12
2.4 高亮度激光光源 .....	14
2.5 本章小结 .....	15
<b>第三章 系统硬件设计 .....</b>	<b>16</b>
3.1 图像摄取模块 .....	16
3.1.1 图像传感器的选择 .....	17
3.1.2 半导体激光器的选择 .....	20
3.1.3 光学透镜组件的设计 .....	21
3.2 图像摄取模块机械结构设计 .....	23
3.3 控制模块 .....	25
3.3.1 微控制器选型 .....	25
3.3.2 微控制器应用电路 .....	27
3.4 显示输出模块 .....	29
3.5 电源模块 .....	30



3.5.1	电源芯片的选择 .....	30
3.5.2	电源电路的设计 .....	31
3.6	本章小结 .....	33
<b>第四章</b>	<b>系统软件设计 .....</b>	<b>34</b>
4.1	系统的软件开发环境介绍 .....	34
4.2	系统软件总体设计 .....	35
4.3	SPI 串行通讯 .....	36
4.3.1	AVR 单片机的 SPI 初始化 .....	37
4.3.2	AVR 单片机与图像传感器的数据通信 .....	40
4.4	图像传感器初始化及参数设置 .....	42
4.4.1	图像传感器初始化 .....	42
4.4.2	图像传感器的两个重要参数 .....	43
4.5	位移数据处理 .....	44
4.6	LCD 显示模块程序设计 .....	45
4.7	本章小结 .....	48
<b>第五章</b>	<b>测量结果及系统精度分析 .....</b>	<b>49</b>
5.1	系统可行性验证 .....	49
5.2	影响测量精度的因素分析 .....	50
5.2.1	图像摄取模块工作原理误差对精度的影响 .....	51
5.2.2	光学透镜组件对测量精度的影响 .....	53
5.2.3	激光入射角度对测量数据的影响 .....	56
5.2.4	CPI、FPS 对测量精度的影响 .....	59
5.2.5	激光亮度和光斑大小对测量精度的影响 .....	62
5.2.6	材质对测量数据精度的影响 .....	63
5.3	系统改进及验证 .....	65
5.3.1	系统改进及验证 .....	65
5.3.2	不同速度下应用结果 .....	67
5.4	本章小结 .....	68

<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>69</b>
6.1 总结.....	69
6.2 展望.....	70
<b>参考文献.....</b>	<b>72</b>
<b>致谢.....</b>	<b>74</b>
<b>攻读硕士学位期间发表论文 .....</b>	<b>75</b>

## Table of Contents

<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1 Research Background.....	1
1.2 Common methods of dynamic displacement measurement.....	1
1.2.1 Contact measurement method.....	2
1.2.2 Non-Contact measurement method.....	3
1.3 Goals and significance of this paper.....	6
1.4 Main research and chapter arrangement of this paper.....	7
<b>Chapter 2 Analysis of non-contact displacement measurement system .....</b>	<b>8</b>
2.1 Measurement principle.....	8
2.2 Image sensing technology .....	10
2.3 Image matching algorithm .....	12
2.4 High-brightness laser.....	14
2.5 Summary.....	15
<b>Chapter 3 Hardware design of length detection system.....</b>	<b>16</b>
3.1 Design of image capture module.....	16
3.1.1 Selection of image sensor .....	17
3.1.2 Selection of laser devices.....	20
3.1.3 Design of optical lens.....	21
3.2 Mechanical structure design of Image capture module .....	23
3.3 Design of control module.....	25
3.3.1 Selection of microcontroller .....	25
3.3.2 Application circuit of microcontroller .....	27
3.4 Design of display and output module.....	29
3.5 Design of power module .....	30
3.5.1 Selection of power chip .....	30
3.5.2 Design of power circuit.....	31

3.6 Summary.....	33
<b>Chapter 4 Software design of length detection system.....</b>	<b>34</b>
4.1 Introduction to software development environment .....	34
4.2 Overall design of the system's software .....	35
4.3 SPI serial communication.....	36
4.3.1 SPI initialization of AVR.....	37
4.3.2 Data communication of AVR and image sensor .....	40
4.4 Initialization and parameter setting of image sensor .....	42
4.4.1 Initialization of image sensor.....	42
4.4.2 Parameter setting of image sensor .....	43
4.5 Data processing .....	45
4.6 Design of LCD module.....	45
4.7 Summary.....	48
<b>Chapter 5 Experimental results and accuracy analysis of system .....</b>	<b>49</b>
5.1 The feasibility verify of the system.....	49
5.2 Analysis of accuracy affect factor of the measurement system.....	50
5.2.1 Affect of system principle error on the system accuracy .....	51
5.2.2 Affect of optical lens on the system accuracy .....	53
5.2.3 Affect of laser installation angle on the system accuracy .....	56
5.2.4 Affect of CPI and FPS setting on the system accuracy.....	59
5.2.5 Affect of laser brightness and spot size on the system accuracy .....	62
5.2.6 Affect of object's material on the system accuracy .....	63
5.3 System improvement and validation .....	65
5.3.1 System improvement and validation.....	65
5.3.2 Different speed test results.....	67
5.4 Summary.....	68
<b>Chapter 6 Summary and outlook .....</b>	<b>69</b>
6.1 Summary.....	69

<b>6.2 Outlook.....</b>	<b>70</b>
<b>Reference.....</b>	<b>72</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>74</b>
<b>Papers.....</b>	<b>75</b>

厦门大学博硕士论文摘要库

---

厦门大学博硕士论文摘要库

## 第一章 绪论

### 1.1 课题研究背景

在科技迅速发展、竞争日益激烈的今天,特别是经历过金融风暴的洗礼后,如何提高经济效益,实现生产体制的调整是各行各业面临的一个迫切问题。实现工业生产的全自动化,提高生产效率是工业改革的必然趋势,检测技术作为工业生产中的一个重要组成部分,检测水平的提高具有重要意义。在现代制造系统中,控制产品质量的手段已经从传统的“被动”、“静态”检测已经加工好的产品,扩展到检测和监控整个生产系统的运行过程,进而实现全面的、最佳的自适应调整和控制<sup>[1]</sup>。生产过程中的在线自动测量是实现现代制造过程最优控制的前提条件。随着科技水平的迅猛发展,近年来,基于图像处理技术的动态监测系统已经被广泛的应用在生产的各个领域;例如,在产品的质量检测中用来监测零部件内部的缺损、焊缝质量;在工业自动控制领域使用机器视觉技术进行港口的监测调度、交通管理、生产流水线的自动控制等<sup>[2]</sup>。

在动态目标的监测与跟踪中一部分内容可以归结为物体运动位移的测量,因此实现运动物体的动态自动测量在某些工业生产场合具有广泛的应用前景;例如,在工业应用过程中,有时需要检测物体间的相对运动状态包括运动方向和运动速度等,如起吊设备的运行速度监测,海底油田的深度探测等。此外,某些工业生产流水线上产品长度的实时检测也可归结为运动物体的移动长度检测问题,如钢轨、板材长度的在线切割,纺织行业里对卷布机卷绕布匹长度的实时测量等。

### 1.2 常见动态位移测量方法的分析

在速度、位移测量领域,目前国内外的常用方法可分为接触式和非接触式两大类,其中在非接触式的测量方法中又以激光测速法和图像传感技术最为常见,下面分别对这三种方法的测量原理和优缺点进行说明

### 1.2.1 接触式测量方法

在动态位移测量的应用场合中纺织行业占有很大比重，布匹的绕卷、分装过程中需要对长度进行精确测量，因此下面以纺织业中最常用的测量工具橡胶滚轮式传感器作为接触式测量工具的代表进行论述。橡胶滚轮式传感器又称靠轮是传统的接触式测速测长工具，被广泛应用于织造、印染、化纤、服装等纺织，皮革，塑料，电缆电线，钢管，纸张生产领域。其测量原理是：将靠轮压在被测运动物体表面，当被测物运动时，两者间的摩擦力带动传感器的滚轮转动计数<sup>[3]</sup>。机械靠轮转动的圈数乘以轮子的圆周长即为被测物的运动长度，若再与相应的运动时间相除即可得到物体的平均运动速度。

靠轮由于其低廉的价格、简单的工作原理和操作简便的工作方式在接触式测量领域得到了广泛的应用，但是由于测量精度较低，结果缺乏可靠性，易给生产企业造成损失。其测量精度低主要受以下几个因素的影响：

(1) 滑动误差。由于靠轮的正常计数是通过两者之间的摩擦力实现的，因此该方法对靠轮和被测物表面的纹理有一定的要求，如果两者的表面都比较光滑，那么在测量过程中极易发生打滑现象，影响靠轮的正常转动和计数，造成滑动误差，降低测量精度。在高速运动场合中，这种打滑现象变得更为明显。同时，随着使用时间的增加，靠轮表面会不可避免地因为磨损而变得越来越光滑，导致滑动误差越来越大。

(2) 靠轮磨损。靠轮一般都采用橡胶等较为柔软的材料制成，因此轮子在长期使用过程中会发生磨损，导致轮子直径变小，而利用靠轮测得的数据就会比实际尺寸大，造成误差。

正常情况下，靠轮式测量仪的精度在 1%—2% 之间<sup>[3]</sup>，但由于上述现象的存在会使得其测量精度进一步降低，不能满足高精度测量场合的需求。此外，除了测量精度不高的弊病，接触式测量还会给被测物体造成不可修复的磨损，在某些对产品外观、表面尺寸有特殊要求的工业场合无法应用。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库